

Spherical polymer particles are produced by melting a thermoplastic, adding a molecular liquid phase dispersing agent, forming droplets, cooling and liquid phase separation.

Publication number: DE10122492 (A1)

Publication date: 2002-11-14

Inventor(s): PODSZUN WOLFGANG [DE]; KRUEGER JOACHIM [DE]; KARLOU-EYRISCH KAMELIA [DE]; SEUL THOMAS [DE] +

Applicant(s): BAYER AG [DE] +

Classification:

- International: *B29B9/10; B29B9/12; B29C67/00; C08J3/16; B29B9/00; B29B9/12; B29C67/00; C08J3/12; (IPC1-7): B22F3/105; B23K26/00; B29B9/10; B29C67/00; C08J3/16*

- European: *B29B9/10; B29B9/12; B29C67/00R2B; C08J3/16*

Application number: DE20011022492 20010510

Priority number(s): DE20011022492 20010510

Abstract of DE 10122492 (A1)

A process for producing spherical polymer particles with a mean size of 5-100 μm , from partially crystalline thermoplastic polymers, comprises melting the thermoplastic and adding a high molecular liquid phase dispersing agent at 1-100 deg C above the melting point, to form droplets. The droplets solidify when cooled to below the thermoplastic material melting point, and the liquid phase is separated from the polymer particles. The partially crystalline material is a polyamide (especially polyamide-11 or polyamide-12) or a polyurethane. The liquid phase is an oil with a boiling point above the melting point of the thermoplastic material. The polymer particles are mixed during cooling.

Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 101 22 492 A 1**

21 Aktenzeichen: 101 22 492.3
22 Anmeldetag: 10. 5. 2001
43 Offenlegungstag: 14. 11. 2002

51 Int. Cl.⁷:
B 29 B 9/10
B 29 C 67/00
C 08 J 3/16
B 23 K 26/00
B 22 F 3/105

DE 101 22 492 A 1

71 Anmelder:
Bayer AG, 51373 Leverkusen, DE

72 Erfinder:
Podszun, Wolfgang, Dr., 51061 Köln, DE; Krüger,
Joachim, 40789 Monheim, DE; Karlou-Eyrisch,
Kamelia, Dr., 40235 Düsseldorf, DE; Seul, Thomas,
Dipl.-Ing., 45219 Essen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- 54 Verfahren zur Herstellung von Polymerpulvern für das Rapid Prototyping
- 57 Es wird ein Verfahren zur Herstellung von kugelförmigen Polymerpartikeln aus teilkristallinen Thermoplasten beschrieben. Aus den erhaltenen Polymerpartikeln können Formkörper einer beliebigen dreidimensionalen Struktur mit Hilfe der selektiven Sinterung unter Verwendung von Laserlicht aufgebaut werden.

DE 101 22 492 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Pulvern aus teilkristallinen Thermoplasten, die nach diesem Verfahren erhaltenen Pulver und deren Verwendung für das Rapid-Prototyping durch selektives Lasersintern.

[0002] Unter dem Begriff Rapid-Prototyping werden die heute bekannten computergesteuerten additiven, automatischen Modellbauverfahren zusammengefasst. Das Lasersintern bezeichnet ein Rapid-Prototyping-Verfahren, bei dem Schüttungen aus bestimmten pulverigen Werkstoffen unter Einwirkung von, vorzugsweise durch ein Programm gesteuerten Laserstrahl, schichtweise an bestimmten Ebenenstellen aufheizt und versintert werden.

[0003] Die Verwendung von Kunststoffpulvern zum Lasersintern mittels CO₂-Laser ist bekannt (A. Gebhardt, Rapid Prototyping, Carl Hanser Verlag, München, Wien 1996, Seite 115-116). Dabei wird ein Verfahren zur Herstellung von Modellkörpern beschrieben, bei dem unter Verwendung von feinteiligen Kunststoffen mit Hilfe von Licht eines CO₂-Lasers eine beliebige dreidimensionale Struktur durch selektive Sinterung aufgebaut werden kann. In der DB-A-196 06 128 wird eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch Verfestigen mittels Laserstrahl beschrieben. In einer Ausführungsform der DB-A-196 06 128 ist das Lasersintern betroffen.

[0004] Es ist weiterhin bekannt, dass Kunststoffpulver, bei denen die einzelnen Partikel kugelförmig sind, besonders gut für das selektive Lasersintern geeignet sind.

[0005] So beschreibt die Offenlegungsschrift WO 97/29148 die Herstellung von kugelförmigen Partikeln aus Styrol- und Acrylpolymerisaten durch Sprühtrocknen, sowie die Verwendung der erhaltenen Produkte für das selektive Lasersintern.

[0006] Aus der Offenlegungsschrift WO 99/58317 ist die Verwendung von perlförmigen Homo- oder Copolymerisaten aus monoethylenisch ungesättigten Verbindungen für das selektive Lasersintern bekannt.

[0007] In vielen Fällen ist die Verwendung von teilkristallinen Polymeren für die Herstellung von Modellen durch selektives Lasersintern wünschenswert. Modelle aus teilkristallinen Polymeren zeigen nämlich im Vergleich zu Modellen aus amorphen Polymeren ein höheres Maß an Porenfreiheit, eine glattere Oberfläche und eine höhere mechanische Festigkeit. Allerdings stehen bisher keine kugelförmigen Partikel aus teilkristallinen Polymeren für das Lasersintern zur Verfügung, sondern nur solche, die durch Mahlung erzeugt wurden und eine unregelmäßige Form aufweisen.

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung von kugelförmigen Polymerpartikeln aus teilkristallinen Thermoplasten für das selektive Lasersintern.

[0009] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von kugelförmigen Polymerpartikeln mit einer mittleren Teilchengröße von 5-100 µm aus teilkristallinen thermoplastischen Polymeren, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass

- a) der teilkristalline Thermoplast geschmolzen wird, und die Thermoplastschmelze unter Anwendung von Scherkräften und in Anwesenheit eines insbesondere hochmolekularen Dispergierhilfsmittels in der flüssigen Phase bei einer Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur des Thermoplasten zu Tröpfchen zerteilt wird,
- b) die gebildeten Tröpfchen durch Abkühlen unterhalb des Schmelzpunktes zu Polymerpartikeln verfestigt

werden und

c) die flüssige Phase von den Polymerpartikeln abgetrennt wird.

[0010] Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch kugelförmige Polymerpartikeln mit einer mittleren Teilchengröße von 5-100 µm aus teilkristallinem Thermoplast, die nach dem oben genannten Verfahren hergestellt wurden.

[0011] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist die Verwendung von kugelförmigen Polymerpartikeln mit einer mittleren Teilchengröße von 5-100 µm aus teilkristallinem Thermoplast für das Rapid Prototyping durch selektives Lasersintern. Bevorzugt werden Polymerpartikeln erhältlich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt.

[0012] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind Modelle, die durch selektives Lasersintern von kugelförmigen Polymerpartikeln mit einer mittleren Teilchengröße von 5-100 µm aus teilkristallinem Thermoplast hergestellt wurden, insbesondere solchen Polymerpartikeln erhältlich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0013] Teilkristalline Thermoplaste sind im vorliegenden Zusammenhang synthetische Polymere, die bei Raumtemperatur eine zumindest partielle Kristallinität aufweisen und im Bereich von 50 bis 400°C, vorzugsweise 100-300°C schmelzen. Die Schmelztemperatur der Thermoplaste ist aus Literatur bekannt oder kann durch DSC-Untersuchungen ermittelt werden. Bevorzugt sind Thermoplaste aus der Gruppe der Polyamide, Polyester und Polyurethane.

[0014] Als geeignete teilkristalline Polyamide sind vorzugsweise Polyamid-6,6, Polyamid-6,10, Polyamid-6,12, Polyamid-8, Polyamid-9, Polyamid-11, Polyamid-12, und entsprechende Copolymerisate aus diesen Komponenten genannt. Weiterhin kommen insbesondere teilkristalline Polyamide in Betracht, deren Säurekomponente ganz oder teilweise aus Terephthalsäure und/oder Isophthalsäure und/oder Korksäure und/oder Sebacinsäure und/oder Azelainsäure und/oder Adipinsäure und/oder Cyclohexandicarbonsäure und deren Diaminkomponente ganz oder teilweise aus m- und/oder p-Xylylen-diamin und/oder Hexamethylen-diamin und/oder 2,2,4-Trimethylhexamethylen-diamin und/oder 2,2,4-Trimethylhexamethylen-diamin und/oder Isophorondiamin besteht. Bevorzugt wird Polyamid-11 oder Polyamid-12 im Verfahren eingesetzt.

[0015] Bevorzugt geeignete Polyester sind in erster Linie solche mit Terephthaleinheiten. Neben der Terephthalsäure können auch Isophthalsäure und/oder aliphatische Dicarbonsäuren, wie z. B. Sebacinsäure und Adipinsäure anteilig im Polyester enthalten sein. Als Diolkomponente des Polyesters kommen Ethylenglycol, Butandiol-1,4 und Hexandiol-1,6, sowie Mischungen dieser Diole in Betracht. Ein besonders bevorzugt einzusetzender Polyester ist Polybutylterephthalat.

[0016] Für das Verfahren auch geeignete Polyurethane sind insbesondere die Umsetzungsprodukte von Diisocyanaten mit Polyetherdiolen und/oder Polyesterdiolen und/oder Polycarbonatdiolen. Unter Diisocyanaten werden im vorliegenden Zusammenhang difunktionelle aromatische und aliphatische Diisocyanate verstanden, wobei aliphatische Diisocyanate bevorzugt sind, Beispielfall seien genannt: Hexamethylen-diisocyanat, Trimethylhexamethylen-diisocyanat, Isophorondiisocyanat und 4,4'-Methylenbis(cyclohexyldiisocyanat). Geeignete Polyetherdiole für die Polyurethane basieren auf Äthylenglycol, Äthylenglycol/Propylenoxid-Mischungen und Tetrahydrofuran. Polytetrahydrofuran ist als Polyether bevorzugt. Unter Polyesterdiolen werden vorzugsweise aliphatische Polyesterdiolen verstanden, insbesondere Polyester aus den Komponenten Adipinsäure

und Butandiol. Geeignete Polycarbonatdiöle für die thermoplastischen Polyurethane sind z. B. OH-terminierte Polycarbonate auf der Basis von 1,6-Hexandiol.

[0017] Der teilkristalline Thermoplast wird durch Temperaturerhöhung über die Schmelztemperatur, vorzugsweise auf eine Temperatur 1 bis 100°C, vorzugsweise 5–80°C, oberhalb der Schmelztemperatur aufgeschmolzen und in einer flüssigen Phase dispergiert. Es wurde gefunden, dass besonders farblose kugelförmige teilkristalline Produkte erhalten werden, wenn das Aufschmelzen und Dispergieren unter Ausschluss von Sauerstoff, beispielsweise unter Schutzgasatmosphäre erfolgt.

[0018] Als flüssige Phase werden hochsiedende inerte Flüssigkeiten mit einem Siedepunkt oberhalb der Schmelztemperatur des Thermoplasten eingesetzt. Geeignete Flüssigkeiten sind beispielsweise synthetische Öle und Mineralöle. Bevorzugt werden Mineralöle. In Frage kommen sowohl destillierte gereinigte Mineralöle als auch nicht destillierte Öle, sogenannte Rückstände. Besonders gut geeignet sind Mineralöle mit einem hohen Paraffin- und Isoparaffinanteil. Weitere geeignete flüssige Phasen sind Halogenkohlenwasserstoffe und niedrig viskose Silikonöle. Die Menge an flüssiger Phase beträgt im allgemeinen 100 bis 1000%, vorzugsweise 150 bis 500% bezogen auf den teilkristallinen Thermoplasten.

[0019] Als Dispergiertmittel werden bevorzugt oberflächenaktive Verbindungen eingesetzt, die in ihrer Struktur einen C₈-C₂₄-Alkylrest enthalten.

[0020] Als Dispergiertmittel sind beispielsweise Fettsäuren, Fettsäureester und besonders Fettsäureamide besonders geeignet. Beispielhaft seien genannt Dekanearbonsäureamid und Dodekanearbonsäureamid. Gut geeignet sind auch in der flüssigen Phase lösliche Polymerisate mit einem Molekulargewicht von 2 000 bis 1 000 000. Bevorzugt sind Polymerisate mit einem Anteil von einpolymerisierten Einheiten von Vinylmonomeren mit C₈ bis C₂₄-Alkylresten. Geeignete Vinylmonomere sind Ester aus Acrylsäure bzw. Methacrylsäure und C₈ bis C₂₄-Alkanolen, Vinylster von bis C₂₄-Carbonsäuren und α-Olefinen mit 10 bis 26 Kohlenstoffatomen. Beispielhaft seien Polymerisate mit einpolymerisierten Einheiten von Stearylmethacrylat, Laurylmethacrylat, Vinylstearat und Eikosen-1 genannt. Besonders gut geeignet sind Copolymerisate aus Vinylmonomeren mit C₈ bis C₂₄-Alkylresten und hydrophilen Monomeren. Unter hydrophilen Monomeren werden in diesem Zusammenhang polymerisierbare olefinisch ungesättigte Verbindungen, die ganz oder teilweise (zu mehr als 2,5 Gew.-% bei 20°C) in Wasser löslich sind, verstanden. Als Beispiele seien genannt: Acrylsäure und ihre Alkali- und Ammoniumsalze, Methacrylsäure und ihre Alkali- und Ammoniumsalze, Hydroxyethylmethacrylat, Hydroxyethylacrylat, Diethylenglykolmonoacrylat, Diethylenglykolmonoacrylat, Triethylenglykolmonoacrylat, Tetraethylenglykolmonoacrylat, Tetraethylenglykolmonoacrylat, Glycerinmonoacrylat, Aminoethylmethacrylat, N,N-Dimethylaminoethylmethacrylat, Acrylamid, Methacrylamid, Vinylpyrrolidon und Vinylimidazol.

[0021] Besonders bevorzugt eingesetzte öllösliche Dispergiertmittel sind Copolymerisate aus

– 75–99 Gew.-% Vinylmonomeren mit C₈ bis C₂₄-Alkylresten und

– 1–25 Gew.-% hydrophilem Monomer aus der Gruppe Aminoethylmethacrylat, N,N-Dimethylaminoethylmethacrylat, Acrylamid, Methacrylamid, Vinyl-

pyrrolidon und Vinylimidazol.

[0022] Die Menge an Dispergiertmittel beträgt im allgemeinen 0,1 bis 10 Gew.-%, vorzugsweise 0,2 bis 5 Gew.-% bezogen auf die flüssige Phase.

[0023] Die Zerteilung des geschmolzenen Thermoplasten zu Tröpfchen kann mit Hilfe üblicher Rühr- und Dispergiergeräte erfolgen. Wird eine Teilchengröße von 10–100 µm angestrebt, so können schnell laufende Rührer, wie Blatt-Gitter-Anker oder Impellerführer verwendet werden. Der Einsatz von Stromförmern ist vorteilhaft. Feinere Teilchengrößen von 5 bis 10 µm sind mit Hilfe von Rotor-Stator-Mischern zugänglich. Die Teilchengröße kann mit Hilfe der Umdrehungszahl des Rühr- bzw. Dispergiergeräts eingestellt werden.

[0024] Wenn die gewünschte Teilchengröße, die beispielsweise mit Hilfe eines Messmikroskops verfolgt werden kann, erreicht worden ist, werden die gebildeten Tröpfchen durch Abkühlung unterhalb des Schmelzpunktes zu kugelförmigen Polymerpartikeln verfestigt. Es hat sich als günstig erwiesen, die ursprüngliche Rührgeschwindigkeit während der Abkühlphase zu reduzieren, beispielsweise um 10 bis 50%.

[0025] Nach der Aushärtung können die Polymerpartikel mit üblichen Methoden, z. B. durch Filtrieren oder Dekantieren isoliert und gegebenenfalls nach ein oder mehreren Wäschen getrocknet werden.

[0026] Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Polymerpartikel haben eine Kornverteilung, die häufig einer Gauss-Verteilung nahe kommt. Die Polymerpartikel mit dieser Verteilung sind für das selektive Lasersintern hervorragend geeignet. So fern gewünscht, können die Polymerpartikel aber auch auf sie bekannte Weise durch beispielsweise Sieben oder Windsichten fraktioniert werden.

[0027] Die vorliegende Erfindung wird anhand der folgenden Beispiele näher erläutert, ohne dass dadurch die Erfindung im Einzelnen eingeschränkt wird.

Beispiele

[0028] Die nachfolgenden Beispiele 1 bis 5 zeigen die Herstellung von geeignetem feinteiligen Kunststoffmaterial für das Lasersintern.

Beispiel 1

[0029] In einem 250-ml Rührgefäß mit Gitterrührer werden 150 g des Weißöls Ondina 941 (Fa. Shell) und 6 g Copolymerisat aus 95 Gewichtsteilen Eikosen-1 und 5 Gewichtsteilen N-Vinylpyrrolidon als Dispergiertmittel solange bei Raumtemperatur gerührt, bis das Copolymerisat vollständig gelöst ist. Zu dieser Lösung werden 60 g Polyamid-11 Granulat (Schmelztemperatur 194–196°C) Molgewicht ca. 35 000 M_n) hinzugefügt. Nach Einstellung der Rührgeschwindigkeit von 850 U_{pm} wird für 2 h unter Stickstoffglocke auf 250°C erwärmt. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur bei 600 U_{pm} wird die entstandene Suspension in 0,5 Liter Hexan eingetragen und nach Absetzen des Feststoffs die überstehende Lösemittel-Phase durch Dekantieren entfernt. Der Feststoff wird vier mal mit je 0,5 Liter Hexan gewaschen und durch Filtration isoliert. Anschließend lässt man bis zur Gewichtskonstanz bei Raumtemperatur trocknen. Man erhält 55,9 g Polyamidperlen mit einer mittleren Teilchengröße von 12 µm.

Beispiel 2

[0030] Beispiel 1 wird wiederholt, wobei eine konstante

Rührgeschwindigkeit beim Erwärmen und Abkühlen von 500 UpM eingestellt wird. Man erhält 56,4 g Polyamidperlen mit einer mittleren Teilchengröße von 44 µm.

Beispiel 3

[0031] Beispiel 1 wird wiederholt, wobei jedoch ein Copolymerisat aus 90 Gewichtsteilen Stearylmethacrylat und 10 Gewichtsteilen N-Vinylpyrrolidon als Dispersiermittel eingesetzt wird. Das erhaltene Produkt wird über ein 100 µm Sieb abgesiebt. Man erhält 46,3 g Polyamidperlen mit einer mittleren Teilchengröße von 64 µm.

Beispiel 4

[0032] In einem 250-ml Rührgefäß mit Gitterrührer wird eine Lösung aus 150 g Weißöl Ondina 941 (Fa. Shell) und 6 g Copolymerisat aus 95 Gewichtsteilen Stearylmethacrylat und 5 Gewichtsteilen N-Vinylpyrrolidon hergestellt. Zu dieser Lösung werden 60 g Polyester-Polyurethan (Umsetzungsprodukt von Hexamethylen-diisocyanat mit Polyesterdiol aus Adipinsäure und 1,4-Butandiol; Schmelztemperatur 210–220°C) hinzugefügt. Nach Einstellung der Rührgeschwindigkeit von 450 UpM wird für 3 h unter Stickstoffglocke auf 283°C erwärmt. Nach Abkühlung auf Raumtemperatur wird die entstandene Suspension in 0,5 Liter Hexan eingetragen und nach Absetzen des Feststoffs die überstehende Lösemittel-Phase durch Dekantieren entfernt. Der Feststoff wird vier mal mit je 0,5 Liter Hexan gewaschen und durch Filtration isoliert. Anschließend lässt man bis zur Gewichtskonstanz bei Raumtemperatur trocknen. Man erhält 57,8 g Polyurethanperlen mit einer Teilchengröße von 15 µm.

Beispiel 5

[0033] Beispiel 4 wird wiederholt, wobei anstelle von Polyester-Polyurethan, ein Polybutylenterephthalat (Typ: Pocaan 1200, Hersteller: Fa. Bayer; Schmelztemperatur 223°C) eingesetzt wird. Die erhaltenen Polyesterperlen werden nach dem Trocknen über ein 100 µm Sieb abgesiebt. Man erhält 36,7 g PBT-Perlen mit einer mittleren Teilchengröße von 6 µm.

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung von kugelförmigen Polymerpartikeln mit einer mittleren Teilchengröße von 5–100 µm aus teilkristallinen thermoplastischen Polymeren, dadurch gekennzeichnet, dass
 - a) der teilkristalline Thermoplast geschmolzen wird, und die Thermoplastschmelze unter Anwendung von Scherkräften und in Anwesenheit eines insbesondere hochmolekularen Dispersierhilfsmittels in der flüssigen Phase bei einer Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur des Thermoplasten, insbesondere 1 bis 100°C oberhalb der Schmelztemperatur, zu Tropfen zerteilt wird,
 - b) die gebildeten Tropfen durch Abkühlen unterhalb des Schmelztemperatur des Thermoplasten zu Polymerpartikeln verfestigt werden und
 - c) die flüssige Phase von den Polymerpartikeln abgetrennt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der teilkristalline Thermoplast ein Polyamid ist, insbesondere Polyamid-11 oder Polyamid-12.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der teilkristalline Thermoplast ein Polyure-

than ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der teilkristalline Thermoplast ein Polyester, insbesondere Polyterephthalat ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die flüssige Phase ein Öl mit einem Siedepunkt oberhalb der Schmelztemperatur des Thermoplasten ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Dispersiermittel eine oberflächenaktive Verbindung ist, die C₈- bis C₂₈-Alkylreste enthält.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Thermoplastgranulat in die kalte flüssige Phase eingebracht wird und die Mischung anschließend geheizt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass 0,1 bis 10 Gew.-%, bevorzugt 0,2 bis 5 Gew.-% Dispersierhilfsmittel eingesetzt wird, bezogen auf die flüssige Phase.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung während des Abkühlens gerührt wird und die Rührgeschwindigkeit während der Abkühlung um 10 bis 30% reduziert wird gegenüber der Zerteilungsphase a).

10. Kugelförmige Polymerpartikel mit einer mittleren Teilchengröße von 5–100 µm aus teilkristallinem Thermoplast, dadurch gekennzeichnet, dass sie nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 erhalten werden.

11. Verwendung von kugelförmigen Polymerpartikeln mit einer mittleren Teilchengröße von 5–100 µm aus teilkristallinem Thermoplast für das Rapid Prototyping durch selektives Lasersintern.

12. Verwendung von kugelförmigen Polymerpartikeln gemäß Anspruch 10 mit einer mittleren Teilchengröße von 5–100 µm aus teilkristallinem Thermoplast für das Rapid Prototyping durch selektives Lasersintern.

13. Dreidimensionale Modelle erhältlich durch selektives Lasersintern unter Verwendung von kugelförmigen Polymerpartikeln mit einer mittleren Teilchengröße von 5–100 µm aus teilkristallinem Thermoplast.

14. Dreidimensionale Modelle erhältlich durch selektives Lasersintern unter Verwendung von kugelförmigen Polymerpartikeln gemäß Anspruch 10.